

DE 196 2004 001983

# BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)



REC'D 20 OCT 2004

WIPO

PCT

## Prioritätsbescheinigung über die Einreichung einer Patentanmeldung

**Aktenzeichen:**

103 53 860.7

**Anmeldetag:**

18. November 2003

**Anmelder/Inhaber:**

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart/DE

**Bezeichnung:**

Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem  
Gasstrom, sowie Verfahren zu seiner Herstellung

**IPC:**

G 01 N 15/06

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 30. Juli 2004  
Deutsches Patent- und Markenamt  
Der Präsident  
Im Auftrag

Kahle

BEST AVAILABLE COPY

5 14.11.2003 kna/neg  
Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, sowie  
Verfahren zu seiner Herstellung

Stand der Technik.

15

Die Erfindung betrifft zunächst einen Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, insbesondere einen Rußpartikelsensor für ein Abgassystem einer Brennkraftmaschine, mit einer ersten Elektrodeneinrichtung und einer zweiten Elektrodeneinrichtung, welche in einem Abstand voneinander angeordnet und wenigstens bereichsweise dem Gasstrom aussetzbar sind.

20

30

35

Ein Sensor der eingangs genannten Art ist aus der DE 101 33 385 C1 bekannt. Bei dem dort gezeigten Sensor ist eine Sammelkammer vorhanden, welche fluidisch mit einem Abgasstrom einer Brennkraftmaschine verbunden werden kann. An der Oberseite der sehr flachen Sammelkammer ist eine erste Elektrode angeordnet, an der Unterseite, also gegenüberliegend zu der ersten Elektrode, eine zweite Elektrode. Die Sammelkammer zwischen den beiden Elektroden ist hohl. Im Betrieb des bekannten Sensors gelangen Rußpartikel in die Sammelkammer und lagern sich in dem Hohlraum zwischen den beiden Elektroden ab. Hierdurch wird der Zwischenraum zwischen den beiden Elektroden elektrisch

überbrückt, so dass sich die Impedanz der Elektrodenstruktur ändert. Die zeitliche Änderung der Impedanz ist ein Maß für die Beladung des Abgasstroms mit Rußteilchen.

5

Ein Sensor der eingangs genannten Art ist auch aus der DE 101 33 384 A1 bekannt. Dort sind die beiden Elektroden auf der Unterseite der Sammelkammer angeordnet und greifen kammartig ineinander. Auch hier ist die Veränderung der Impedanz zwischen den beiden Elektroden ein Maß für die Rußbeladung des Abgasstroms.

10

Für die präzise Erfassung der Rußbeladung eines Abgasstroms ist eine hohe Empfindlichkeit des Sensors erforderlich.

15

Dabei gilt, dass der Sensor umso empfindlicher ist, je kleiner der Abstand zwischen den beiden Elektroden ist. Bei den beiden bekannten Sensoren betragen die Abstände zwischen den beiden Elektroden ("GAP") typischerweise 30 bis 100 µm. Eine weitere Reduzierung der Abstände zwischen den beiden Elektroden ist bei den bekannten Sensoren herstellungstechnisch schwierig und kann im Betrieb zu Lebensdauerproblemen führen.

20

Die vorliegende Erfindung hat daher die Aufgabe, einen Sensor der eingangs genannten Art so weiter zu bilden, dass er preiswert hergestellt werden kann, eine lange Lebensdauer aufweist und dabei die Beladung eines Gasstroms mit Partikeln mit hoher Genauigkeit erfassen kann.

30

Diese Aufgabe wird bei einem Sensor der eingangs genannten Art dadurch gelöst, dass die Elektrodeneinrichtungen durch eine Zwischenschicht aus einem elektrisch isolierenden Material voneinander getrennt sind, und dass sie um die Dicke der Zwischenschicht voneinander beabstandete, dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder aufweisen.

35

### Vorteile der Erfindung

5 Bei dem erfindungsgemäßen Sensor kann auch ein kleiner  
Abstand zwischen den beiden Elektrodeneinrichtungen präzise  
realisiert werden, da dieser Abstand durch die  
Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material  
10 vorgegeben ist. Dadurch, dass die Elektrodeneinrichtungen  
bei dem erfindungsgemäßen Sensor nur bis zu wenige  
Mikrometer voneinander beabstandet sein können, was vom  
Prinzip her einem kondensatorartigen Aufbau entspricht,  
weist der Sensor eine hohe Empfindlichkeit und eine geringe  
Ansprechzeit auf, welche eine besonders präzise Erfassung  
15 von Partikeln in einem Gasstrom gestattet. Dabei können die  
Trägerstrukturen der Elektrodeneinrichtungen so stabil  
ausgebildet werden, dass der Sensor eine hohe Lebensdauer  
aufweist. Die Herstellung des erfindungsgemäßen Sensors ist  
darüber hinaus vergleichsweise preiswert, da der Abstand  
20 zwischen den Elektroden ja durch die Zwischenschicht quasi  
"automatisch" vorgegeben ist, und nicht durch komplexe  
Fertigungsmethoden erreicht werden muss.

Wesentlich für die Realisierung der genannten Vorteile ist  
zum einen die bereits erwähnte Zwischenschicht, mit deren  
Hilfe auch kleinste Abstände zwischen den beiden  
Elektrodeneinrichtungen zuverlässig realisiert werden  
können, und zum anderen die Tatsache, dass die eigentlichen  
Sensorflächen durch die seitlichen freiliegenden Ränder der  
30 Elektrodeneinrichtungen gebildet werden. Durch eine  
Verminderung des abrasiven Abtrags an den Oberflächen der  
Elektroden und die Reduzierung der Auswirkungen eines  
solchen Abtrags wird die Lebensdauer erhöht.

Vorteilhafte Weiterbildungen der Erfindung sind in Unteransprüchen angegeben.

Besonders vorteilhaft ist es, wenn die Zwischenschicht eine Folie oder eine Dickschicht umfasst. Folien aus einem elektrisch isolierenden Material sind im Handel auch mit äußerst geringen Wandstärken erhältlich. Die Handhabung einer derartigen Folie ist darüber hinaus vergleichsweise einfach. Insgesamt wird so also die Herstellung vereinfacht und ist preiswert. In Dickschichttechnik können besonders geringe Wandstärken realisiert werden.

Vorgeschlagen wird auch, dass mindestens eine der beiden Elektrodeneinrichtungen eine Mehrzahl von Einzelelektroden umfasst. Dies hat gleich mehrere Vorteile: Zum einen kann so die Betriebssicherheit des Sensors erhöht werden, da die Einzelelektroden zu einem redundanten Gesamtsystem führen. Zum anderen kann die Funktion einer Einzelelektrode durch einen Vergleich des Signals mindestens einer anderen Einzelelektrode überprüft werden. Schließlich kann durch eine Mittelung der Signale der Einzelelektroden, insbesondere dann, wenn deren freie Ränder an unterschiedlichen Stellen angeordnet sind, die Partikelbeladung des Gasstromes besonders präzise erfasst werden.

Eine weitere vorteilhafte Ausgestaltung des erfindungsgemäßen Sensors sieht vor, dass dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder der Elektrodeneinrichtungen an mindestens einem freien Außenrand des Sensors und/oder an mindestens einer Durchgangsöffnung und/oder mindestens einer sacklochartigen Öffnung im Sensor angeordnet sind.

Dies gestattet eine optimale Anpassung des Sensors an die individuellen Strömungs- und Einbauverhältnisse der

Vorrichtung, in der der Gasstrom gemessen werden soll.  
Darüber hinaus können die besagten freien Ränder einfach durch Bohren, Schneiden, Stanzen, etc. hergestellt werden.

- 5 Die Herstellung wird nochmals vereinfacht, wenn die Elektrodeneinrichtungen jeweils auf eine Folie aufgedruckt sind. Diese Folie kann gleichzeitig als elektrisch isolierende Zwischenschicht dienen.
- 10 Wenn der Sensor, wie ebenfalls vorgeschlagen wird, eine Heizeinrichtung umfasst, können durch eine Erhitzung der freien Ränder der Elektrodeneinrichtung dort angelagerte Partikel auf einfache Weise abgebrannt werden, so dass dann wieder mit einem neuen Messzyklus begonnen werden kann,
- 15 ohne dass der Sensor ausgetauscht werden muss.

- In Weiterbildung hierzu ist es vorteilhaft, wenn der Sensor auch eine Temperaturerfassungseinrichtung umfasst. Mit dieser kann der Heizvorgang überwacht werden, so dass
- 20 Beschädigungen des Sensors durch das Aufheizen vermieden werden können.

Dabei ist es besonders vorteilhaft, wenn die Heizeinrichtung und/oder die Temperaturerfassungseinrichtung jeweils auf eine Folie aufgedruckt sind/ist. Dies vereinfacht die Herstellung und senkt die Herstellkosten.

- Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch ein
- 30 Verfahren zum Herstellen eines Sensors der obigen Art. Es wird vorgeschlagen, dass das Verfahren folgende Schritte umfasst:

- 35 a) Die erste Elektrodeneinrichtung wird auf einen ersten Träger aufgebracht;

b) die zweite Elektrodeneinrichtung wird auf einen zweiten Träger aufgebracht;

5 c) auf die Seite des ersten Trägers, auf die die erste Elektrodeneinrichtung aufgebracht ist, wird eine Zwischenschicht aus einem elektrisch isolierenden Material aufgebracht;

10 d) auf die Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material wird der zweite Träger mit der zweiten Elektrodeneinrichtung angeordnet derart, dass die Seite des zweiten Trägers, auf die die zweite Elektrodeneinrichtung aufgebracht ist, zu der Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden  
15 Material weist;

e) die aufeinander gelegten Träger und Schichten werden miteinander verbunden (laminiert);

20 f) der Verbund der Träger und Schichten wird so bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der Zwischenschicht aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder der Elektrodeneinrichtungen aufweist.

Ein derartiges Folientechnikverfahren gestattet eine preiswerte, präzise, und schnelle Herstellung eines Sensors.

30 Alternativ hierzu kann das Verfahren folgende Schritte umfassen:

a) Die erste Elektrodeneinrichtung wird auf einen ersten Träger aufgebracht;

b) auf die erste Elektrodeneinrichtung wird mindestens eine isolierende Zwischenschicht aufgebracht;

5 c) die zweite Elektrodeneinrichtung wird auf die isolierende Zwischenschicht aufgebracht;

d) auf die zweite Elektrodeneinrichtung wird eine Schutzschicht aufgebracht;

10 e) die aufeinandergelegten Träger und Schichten werden miteinander verbunden (laminiert);

f) der Verbund der Träger und Schichten wird so  
bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur  
15 um die Dicke der Zwischenschicht aus dem elektrisch  
isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder  
der Elektrodeneinrichtungen aufweist.

Dieses Verfahren ist besonders schnell und preiswert.

20 In einer Weiterbildung wird vorgeschlagen, dass im Schritt  
f) der Verbund geschnitten oder gestanzt oder gebohrt wird.  
Dies ermöglicht die Herstellung der freien Ränder der  
Elektrodeneinrichtungen auf einfache Art und Weise.

Es ist ebenfalls möglich, dass vor dem Aufeinanderlegen der  
Träger mindestens auf den ersten Träger und auf die  
Zwischenschicht aus elektrisch isolierendem Material an  
mindestens einer Stelle, an denen die

30 Elektrodeneinrichtungen freie Ränder aufweisen sollen, ein  
brennbares Material aufgebracht und der Verbund später so  
erhitzt wird, dass das brennbare Material verbrennt und  
dabei auch den Bereich des Trägers beziehungsweise der  
Zwischenschicht, auf den es aufgebracht war, verbrennt. Die  
35 freien Ränder der Elektrodeneinrichtungen, welche im



Betrieb dem Gasstrom ausgesetzt sind, werden in diesem Falle durch ein Sinterverfahren hergestellt. Auf diese Weise lassen sich sehr gut auch sacklochartige Öffnungen einbringen.

5

### Zeichnungen

Nachfolgend werden besonders bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung unter Bezugnahme auf die beiliegende Zeichnung näher erläutert.

10

In der Zeichnung zeigen:

15 Figur 1 eine schematische Darstellung einer Brennkraftmaschine mit einem Abgasrohr und einem Rußpartikelsensor;

20 Figur 2 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer vereinfachten Ausführungsform des Rußpartikelsensors von Figur 1;

Figur 3 eine perspektivische Explosionsdarstellung einer weiteren Ausführungsform des Rußpartikelsensors von Figur 1;

Figur 4 eine perspektivische Darstellung des Rußpartikelsensors von Figur 3 im zusammengebauten Zustand;

30

Figur 5 eine Darstellung ähnlich Figur 3 einer nochmals abgeänderten Ausführungsform eines Rußpartikelsensors; und

Figur 6 eine Darstellung ähnlich Figur 3 einer nochmals abgeänderten Ausführungsform eines Rußpartikelsensors;

5

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

In Figur 1 trägt eine Brennkraftmaschine insgesamt das Bezugszeichen 10. Sie umfasst einen Motorblock 12, ein Ansaugrohr 14 und ein Abgasrohr 16. Bei der Brennkraftmaschine 10 handelt es sich um eine Diesel-Brennkraftmaschine. In ihrem Abgasrohr 16 ist ein Rußpartikelfilter 18 angeordnet.

- 15 Durch den Rußpartikelfilter 18 werden im Abgas befindliche Rußpartikel aufgehalten und gesammelt. Für den sicheren Betrieb der Brennkraftmaschine 10 ist es erforderlich, einen Zustand zu erfassen, in dem der Rußpartikelfilter 18 so viele Rußpartikel aufgenommen hat, dass seine
- 20 Durchlässigkeit eingeschränkt ist und auf Grund der Filterbeladung die Regeneration nicht mehr gewährleistet werden kann. Wird eine solche Situation erkannt, muss der Rußpartikelfilter 18 entweder ausgetauscht oder regeneriert werden. Um eine solche Situation erfassen zu können, sind stromaufwärts und stromabwärts vom Rußpartikelfilter 18 im Abgasrohr 16 Rußpartikelsensoren 20a und 20b angeordnet. Diese erfassen die Beladung des Abgases an den entsprechenden Stellen im Abgasrohr 16 mit Rußpartikeln und gestatten so eine Abschätzung der Beladung des
- 30 Rußpartikelfilters 18 mit Rußpartikeln und eine Überwachung der korrekten Funktion des Rußpartikelfilters 18.

Die Rußpartikelsensoren 20a und 20b können entsprechend dem in Figur 2 gezeigten Ausführungsbeispiel aufgebaut sein:

- 35 Der in Figur 2 in einer perspektivischen

Explosionsdarstellung gezeigte Rußpartikelfilter 20 weist einen ersten keramischen Träger 22 auf. Dieser hat einen länglichen rechteckigen Grundriss und ist wenige Zehntel Millimeter dick. Im Grunde handelt es sich bei dem Träger 22 also um eine keramische Folie. Auf den keramischen Träger 22 ist eine erste Elektrodeneinrichtung 24 aufgedruckt. Diese umfasst eine in der Draufsicht etwa quadratische Elektrode 26, die an dem in Figur 2 linken vorderen Ende des keramischen Trägers 22 auf diesen aufgebracht ist und seitlich exakt gleich breit ist wie der keramische Träger 22 sowie bündig ist mit dessen in der Figur vorderem Rand. Ferner weist die erste Elektrodeneinrichtung 24 eine Zuleitung 28 auf, welche zu der ersten Elektrode 26 führt.

Der Rußpartikelsensor 20 weist einen zweiten keramischen Träger 30 auf, der identisch ausgestaltet ist wie der erste keramische Träger 22. Auf ihn ist eine zweite Elektrodeneinrichtung 32 aufgedruckt, deren einziger Unterschied zur ersten Elektrodeneinrichtung 24 darin besteht, dass die Zuleitung zur zweiten Elektrode 34 im Bereich des in Figur 2 hinteren Randes angeordnet und daher bei der Darstellung in Figur 2 vom zweiten keramischen Träger 30 verdeckt ist.

Zwischen den beiden Elektroden 26 und 34 ist eine Zwischenschicht 36 aus einem elektrisch isolierenden Material angeordnet. Sie ist genau gleich breit wie die beiden Elektroden 26 und 34 und reicht ebenfalls bis an das in Figur 2 vordere Ende des Sensors 20. Sie ist jedoch insgesamt etwas länger als die beiden Elektroden 26 und 34, und erstreckt sich daher über den inneren Rand der beiden Elektroden 26 und 34 in Richtung der Zuleitung 28 bzw. der nicht sichtbaren Zuleitung zu der zweiten Elektrode 34 hinaus. Hierdurch wird sichergestellt, dass zwischen den

beiden Elektrodeneinrichtungen 24 und 32 innerhalb des Sensors 20 kein elektrischer Kontakt vorliegt. Die Zwischenschicht 36 ist vergleichsweise dünn, ihre Dicke  $D$  beträgt üblicherweise einige Mikrometer. Zu Ihrer  
5 Realisierung kann beispielsweise Dickschichttechnik angewendet werden. Gegebenenfalls kann auch eine Folie zum Einsatz kommen.

10 Hergestellt wird der in Figur 2 gezeigte Sensor 20 dadurch, dass zunächst die erste Elektrodeneinrichtung 24 auf den ersten keramischen Träger 22 und die zweite  
Elektrodeneinrichtung 32 auf den zweiten keramischen Träger 30 aufgebracht werden. Dann wird auf den Verbund aus erster Elektrodeneinrichtung 24 und erstem keramischen Träger 22  
15 die Zwischenschicht 36 aufgebracht und der Verbund aus zweitem keramischen Träger 30 und zweiter Elektrodeneinrichtung 32 aufgelegt. Beispielsweise durch ein thermisches Klebe- oder Sinterverfahren werden die einzelnen Elemente dieses Stapels miteinander fest  
20 verbunden.

Alternativ kann der Sensor 20 auch in Dickschichttechnik hergestellt werden. In diesem Fall kann es sich bei dem  
Träger 30 auch einfach um eine Schutz- und Isolierschicht handeln.

Die seitlichen Ränder der keramischen Träger 22 und 30, der Elektrodeneinrichtungen 24 und 32, und der Zwischenschicht 36 können zunächst noch relativ unpräzise sein. Die  
30 endgültigen seitlichen Ränder entsprechend der Darstellung von Figur 2 werden nach der Herstellung des Verbunds bzw. des Schichtstapels beispielsweise durch Sägen oder Stanzen hergestellt. Der fertige Rußpartikelsensor 20 weist dann zwei Elektroden 26 und 34 auf, die in der Draufsicht  
35 unmittelbar übereinander und in einem Abstand  $D$  voneinander

angeordnet sind, wobei der Abstand D durch die Dicke der Zwischenschicht 36 vorgegeben ist. Die Elektroden 26 und 34 des fertigen Rußpartikelsensors 20 weisen jeweils drei freiliegende gerade Randflächen 38 bzw. 40 auf, deren Höhe der Dicke der Elektrode 26 und 34 entspricht. Die Randflächen 38 der ersten Elektrode 26 sind von den Randflächen 40 der zweiten Elektrode 34 gerade um den Abstand D voneinander beabstandet.

Strömt an den beiden gemäß Figur 2 aufgebauten Rußpartikelsensoren 20a und 20b von Figur 1 mit Rußpartikeln beladenes Abgas vorbei, lagern sich Rußpartikel auch an den beiden Sensoren 20a und 20b an. Hierdurch kommt es zu einer fortschreitenden elektrischen Überbrückung des Abstands D zwischen den Randflächen 38 der ersten Elektrode 26 und den Randflächen 40 der zweiten Elektrode 34. Somit ändert sich die Impedanz der aus den beiden Elektroden 26 und 34 gebildeten Einrichtung, was von einer Erfassungseinrichtung, die über die Zuleitung 28 und die in Figur 2 nicht sichtbare Zuleitung mit den beiden Elektroden 26 und 34 verbunden ist, erfasst werden kann. Da der Abstand zwischen den benachbarten Randflächen 38 und 40 äußerst klein ist, weisen die Rußpartikelsensoren 20a und 20b eine hohe Empfindlichkeit auf.

Eine alternative Ausführungsform eines Rußpartikelsensors 20 wird nun unter Bezugnahme auf die Figuren 3 und 4 erläutert. Dabei gilt hier und nachfolgend, dass solche Elemente und Bereiche, welche äquivalente Funktionen zu Elementen und Bereichen von vorhergehenden Figuren aufweisen, die gleichen Bezugszeichen tragen und nicht nochmals im Detail erläutert werden.

Ein erster wesentlicher Unterschied des in Figur 3 gezeigten Sensors 20 zu jenem von Figur 2 betrifft die

Ausgestaltung der zweiten Elektrodeneinrichtung 32. Diese umfasst nämlich insgesamt drei voneinander separate Einzelelektroden 34a, 34b und 34c, welche linienhaft ausgebildet sind. Die beiden Elektroden 34a und 34c sind an  
5 den beiden gegenüberliegenden seitlichen Rändern des Sensors 20 angeordnet. Die Elektrode 34b umfasst eine Ringleitung 42 und vier zunächst vollflächige Leiterpunkte, die so zueinander angeordnet sind, dass sie die Spitzen eines gedachten Rechtecks bilden. Die vollflächigen  
10 Leiterpunkte sind in der Ringleitung 42 angeordnet und tragen in Figur 3 keine Bezugszeichen. Auf sie wird weiter unten noch stärker im Detail eingegangen. Jede der Elektroden 34a, 34b und 34c verfügt über eine eigene Zuleitung 43a, 43b und 43c mit entsprechenden elektrischen  
15 Anschlusskontakten 45a, 45b und 45c.

Die erste Elektrode 26 der Elektrodeneinrichtung 24 umfasst ebenfalls eine Ringleitung 44, die in der Draufsicht quadratisch ist. Ein in Figur 3 oberer und ein unterer  
20 Abschnitt der Ringleitung 44 sind über zwei in Figur 3 vertikale, sich also insgesamt in Längsrichtung des Sensors 20 erstreckende Verbindungsleitungen 46 miteinander verbunden. In diesen sind ebenfalls jeweils zwei  
25 vollflächige Leiterpunkte vorhanden, welche in der Draufsicht exakt unter denen der Elektrodeneinrichtung 32 liegen, und auf die weiter unten stärker im Detail eingegangen wird. Eine Verbindungsleitung zu der ersten Elektrode 26 trägt in Figur 3 das Bezugszeichen 28, ein entsprechender Anschlusskontakt das Bezugszeichen 50.

30

Beim Element 30 kann es sich um einen Träger handeln, oder auch einfach um eine Isolier- und/oder Schutzschicht. Ein weiterer Unterschied des in Figur 3 gezeigten Sensors 20 zu jenem von Figur 2 liegt darin, dass der in Figur 3 gezeigte  
35 Sensor zusätzlich eine Folie 52 aufweist, auf die ein

Temperatursensor 54 aufgedruckt ist. Anschlussleitungen 56a und 56b des Temperatursensors 54 münden in kreisförmige Kontaktpunkte 58a und 58b. Die Folie 52 ist auf die erste Trägerfolie 22 auf deren von der ersten Elektrode 26  
 5 abgewandten Seite aufgebracht.

Der Sensor 20 weist ferner eine nochmals zusätzliche Folie 60 auf, auf die eine Heizleiterbahn 62 aufgedruckt ist. Anschlussleitungen 64a und 64b der Heizleiterbahn 62 führen  
 10 zu Anschlusskontakten 66a und 66b. Der Temperatursensor 54 sowie die Heizleiterbahn 62 sind bei zusammengebautem Sensor 20 in unmittelbarer Nähe der beiden Elektroden 26 und 34 angeordnet.

Der in Figur 3 gezeigte Sensor wird ähnlich hergestellt wie jener von Figur 2. Nach dem Zusammenfügen der einzelnen Schichten wird der fertige Verbund jedoch mit einem Bohrwerkzeug bearbeitet. Dieses bohrt senkrecht zu den Ebenen der Träger 22 und 30 exakt an jenen Stellen, an  
 20 denen sich die vollflächigen Leiterpunkte der Elektroden 26 und 34 befinden, Durchgangslöcher in den Verbund. Die Durchgangslöcher tragen in den Figuren 3 und 4 die Bezugszeichen 68a bis d. Auch die seitlichen Ränder des Verbunds werden, nach deren präziser Herstellung  
 25 beispielsweise durch Stanzen, Sägen oder Schneiden, im Bereich der äußeren zweiten Elektroden 34a und 34c mittels des Bohrwerkzeugs bearbeitet. Hierdurch ergeben sich senkrecht zur Ebene der Träger 22 und 30 erstreckende Ausnehmungen 70a bis 70d mit halbkreisförmigem Querschnitt.  
 30 Typischerweise ist der Sensor 20 ca. 60 mm lang, 1 bis 2 mm hoch und 4 bis 8 mm breit.

Die freien und dem Gasstrom im Abgasrohr 16 aussetzbaren Ränder der zweiten Elektrodeneinrichtung 32 ergeben sich  
 35 nun an folgenden Stellen: Zum einen am seitlichen Längsrand

des Sensors 22 im Bereich der linienhaften Elektroden 34a und 34c (sie tragen dort die Bezugszeichen 40a und 40b), und zum anderen im Bereich der Durchgangslöcher 68a bis 68d an jenen Stellen, an denen in der Ringleitung 42 die

5 vollflächigen kreisförmigen Leitungspunkte vorhanden waren. Diese ringförmigen freiliegenden Randflächen tragen die Bezugszeichen 40c bis 40f. Die freiliegenden Randflächen der ersten Elektrode 26 sind analog hierzu an den

10 seitlichen Längsrändern ausgebildet (Bezugszeichen 38a und 38b), sowie aufgrund der Durchgangslöcher 68a bis 68d im Bereich der ursprünglich vollflächigen kreisförmigen Leitungspunkte in den Verbindungsleitungen 46. Sie tragen die Bezugszeichen 38c bis 38f.

15 Man sieht ohne weiteres, dass der in den Figuren 3 und 4 gezeigte Sensor 20 mehrere freiliegende, dem Gasstrom im Abgasrohr 16 aussetzbare und nur um die Dicke D der Zwischenschicht 36 voneinander beabstandete

20 Randflächenpaare 38 und 40 der Elektroden 26 und 34 aufweist, deren Impedanz sich mit steigender Partikelbeladung ändert und so ein Signal für die Partikelbeladung des im Abgasrohr 16 strömenden Abgases liefert. Die Ausnehmungen 70a bis 70d sowie die

25 Durchgangslöcher 68a bis 68d bieten dabei besonders günstige Strömungsverhältnisse. Ein die Lebensdauer verkürzender abrasiver Abtrag des Elektrodenmaterials wird vermindert und hat ferner kaum einen Einfluss auf das Sensorsignal. Durch die im Bereich der Durchgangslöcher 68a bis 68d angeordnete Heizleiterbahn 62 kann ein optimales

30 Freibrennen insbesondere der ringförmigen freien Randflächen 68c bis 68f und 40c bis 40f sichergestellt werden.

Eine nochmals abgeänderte Ausführungsform ist in Figur 5

35 gezeigt. Diese unterscheidet sich von dem in den Figuren 3



und 4 gezeigten Sensor 20 dadurch, dass die Löcher als Sacklöcher ausgebildet sind und daher die Bezugszeichen 72a bis 72d tragen. Der erste Träger 22, sowie die Folie 52 und die Folie 60 weisen diese Löcher nicht auf. Dies kann in bestimmten Einbausituationen strömungstechnische Vorteile haben. Hergestellt werden die Sacklöcher 68a bis 68d dadurch, dass vor dem Verbinden der einzelnen Schichten des Sensors 20 auf den keramischen Träger 30 und die Zwischenschicht 36 eine rußgefüllte Paste aufgedruckt wird. Bei dem thermischen Verbindungsprozess der einzelnen Schichten durch Sintern verbrennen diese Materialpunkte und hinterlassen die in Figur 5 gezeigten Löcher in den jeweiligen Strukturen. Dies setzt jedoch voraus, dass die einzelnen Elemente der Schichtstruktur, aus der der Sensor 20 aufgebaut ist, lateral mit höchster Präzision ausgerichtet sind, damit die Löcher in den einzelnen Schichten letztlich die durchgängigen Sacklöcher 68a bis 68d mit den innenliegenden freien Rändern 38 und 40 ergeben.

Figur 6 zeigt einen Rußpartikelsensor 20, welcher folgendermaßen hergestellt wird: Zunächst wird die erste Elektrodeneinrichtung 24 auf den ersten Träger 22 aufgedruckt. Danach werden auf die erste Elektrodeneinrichtung 24 zwei isolierende Zwischenschichten 36a und 36b beispielsweise in Dickschichttechnik aufgebracht, auf denen wiederum die zweite Elektrodeneinrichtung 32 positioniert wird. Schließlich wird die zweite Elektrodeneinrichtung 32 mit einer Schutzschicht 30 abgedeckt.

Die aufeinandergelegten Träger 22 und Schichten 30, 36a, und 36b werden nun durch Laminieren miteinander verbunden. Das sich hieraus ergebende Laminat wird so bearbeitet, dass es freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der

Zwischenschichten 36a und 36b aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder 38, 40 der Elektrodeneinrichtungen 24, 32 aufweist.

5

14.11.2003

Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10

## Ansprüche

1. Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, insbesondere Rußpartikelsensor (20) für ein Abgassystem  
15 (16) einer Brennkraftmaschine (10), mit einer ersten Elektrodeneinrichtung (24) und einer zweiten Elektrodeneinrichtung (32), welche in einem Abstand (D) voneinander angeordnet und wenigstens bereichsweise dem Gasstrom aussetzbar sind, dadurch gekennzeichnet, dass die  
20 Elektrodeneinrichtungen (24, 32) durch eine Zwischenschicht (36) aus einem elektrisch isolierenden Material voneinander getrennt sind, und dass sie um die Dicke (D) der Zwischenschicht (36) voneinander beabstandete, dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder (38, 40) aufweisen.
- 25 2. Sensor (20) nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass die Zwischenschicht eine Folie (36) oder eine Dickschicht umfasst.
3. Sensor (20) nach einem der Ansprüche 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens eine der beiden  
30 Elektrodeneinrichtungen (24) eine Mehrzahl von Einzelelektroden (34a-34c) umfasst.
4. Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass dem Gasstrom aussetzbare freie

Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24, 32) an mindestens einem freien Außenrand des Sensors (20) und/oder an mindestens einer Durchgangsöffnung (68) und/oder mindestens einer sacklochartigen Öffnung (72) im Sensor (20) angeordnet sind.

5     5.    Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Elektrodeneinrichtungen (24, 32) jeweils auf eine Folie (22, 30) aufgedruckt sind.

6.    Sensor (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Heizeinrichtung (62) umfasst.

7.    Sensor (20) nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, dass er eine Temperaturerfassungseinrichtung (54) umfasst.

15    8.    Sensor (20) nach einem der Ansprüche 6 oder 7, dadurch gekennzeichnet, dass die Heizeinrichtung (62) und/oder die Temperaturerfassungseinrichtung (54) jeweils auf eine Folie (52, 60) aufgedruckt sind/ist.

9.    Verfahren zum Herstellen eines Sensors (20) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass es folgende Schritte umfasst:

a. Die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird auf einen ersten Träger (22) aufgebracht;

b. die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird auf einen zweiten Träger (30) aufgebracht;

25    c. auf die Seite des ersten Trägers (22), auf die die erste Elektrodeneinrichtung (24) aufgebracht ist, wird eine Zwischenschicht (36) aus einem elektrisch isolierenden Material aufgebracht;

5 d. auf die Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch isolierenden Material wird der zweite Träger (30) mit der zweiten Elektrodeneinrichtung (32) angeordnet, derart, dass die Seite des zweiten Trägers (30), auf die die zweite Elektrodeneinrichtung (32) aufgebracht ist, zu der Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch isolierenden Material weist;

e. die aufeinandergelegten Träger (22, 30) und Schichten (36) werden miteinander verbunden (laminiert);

15 f. der Verbund der Träger (22, 30) und Schichten (36) wird so bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der Zwischenschicht (36) aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24, 32) aufweist.

20 10. Verfahren zum Herstellen eines Sensors (20) nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass es folgende Schritte umfasst:

a. Die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird auf einen ersten Träger (22) aufgebracht;

25 b. auf die erste Elektrodeneinrichtung (24) wird mindestens eine isolierende Zwischenschicht (36a, 36b) aufgebracht;

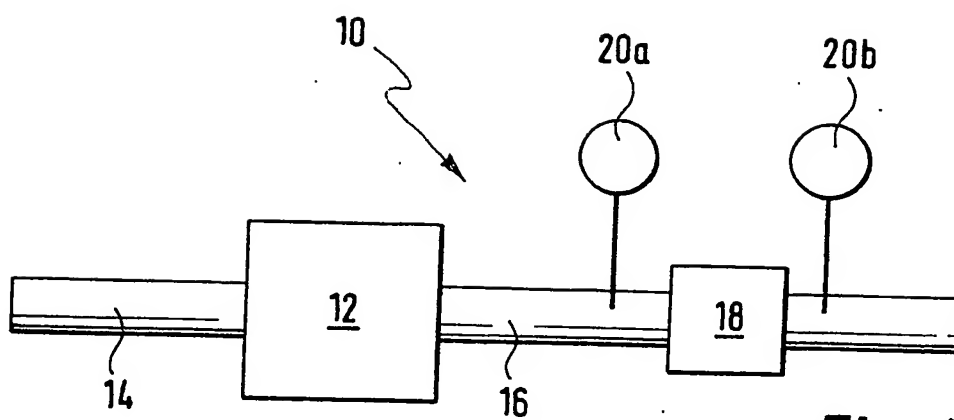
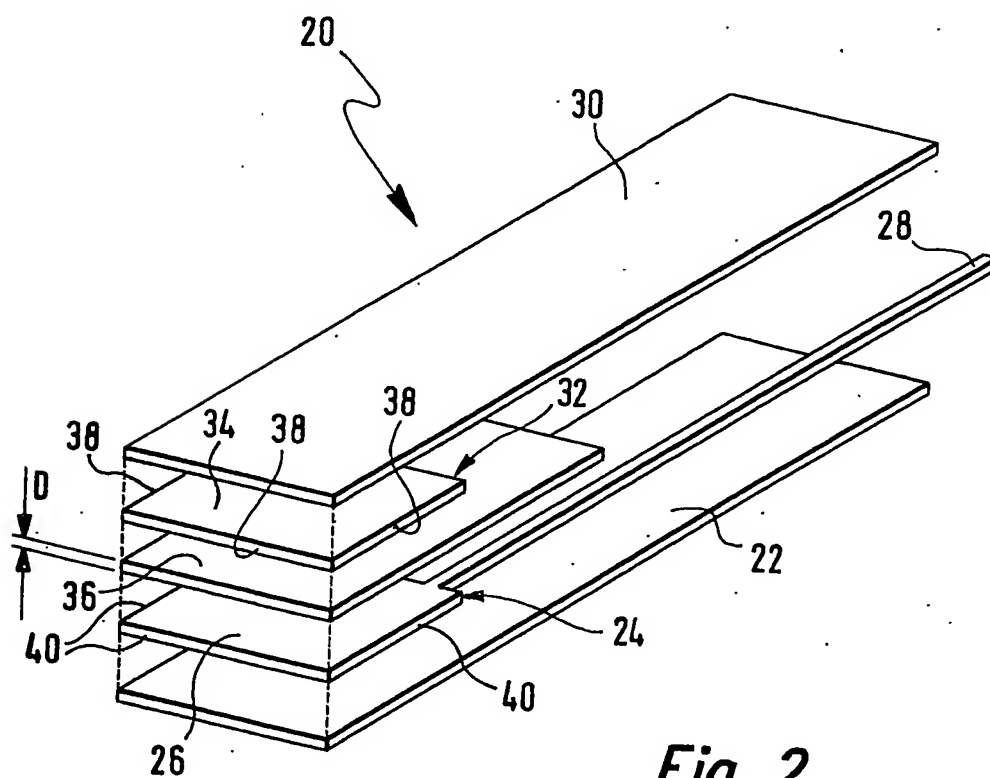
c. die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird auf die isolierende Zwischenschicht (36a, 36b) aufgebracht;

- d. auf die zweite Elektrodeneinrichtung (32) wird eine Schutzschicht (30) aufgebracht;
- e. die aufeinandergelegten Träger (22) und Schichten (30, 36a, 36b) werden miteinander verbunden (laminiert);
- f. der Verbund der Träger (22) und Schichten (30, 36a, 36b) wird so bearbeitet, dass er freiliegende, benachbarte und nur um die Dicke der Zwischenschicht (36a, 36b) aus dem elektrisch isolierenden Material voneinander beabstandete Ränder (38, 40) der Elektrodeneinrichtungen (24, 32) aufweist.

11. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 oder 10, dadurch gekennzeichnet, dass im Schritt f der Verbund geschnitten oder gestänzt oder gebohrt wird.

12. Verfahren nach einem der Ansprüche 9 bis 11, dadurch gekennzeichnet, dass vor dem Aufeinanderlegen der Träger (22, 30) mindestens auf den ersten Träger (22) und auf die Zwischenschicht (36) aus elektrisch isolierendem Material an mindestens einer Stelle, an denen die Elektrodeneinrichtungen (24, 32) freie Ränder (38, 40) aufweisen sollen, ein brennbares Material aufgebracht und der Verbund später so erhitzt wird, dass das brennbare Material verbrennt und dabei auch den Bereich des Trägers (22, 30) bzw. der Zwischenschicht (36), auf den es aufgebracht war, verbrennt.

1 / 4

*Fig. 1**Fig. 2*

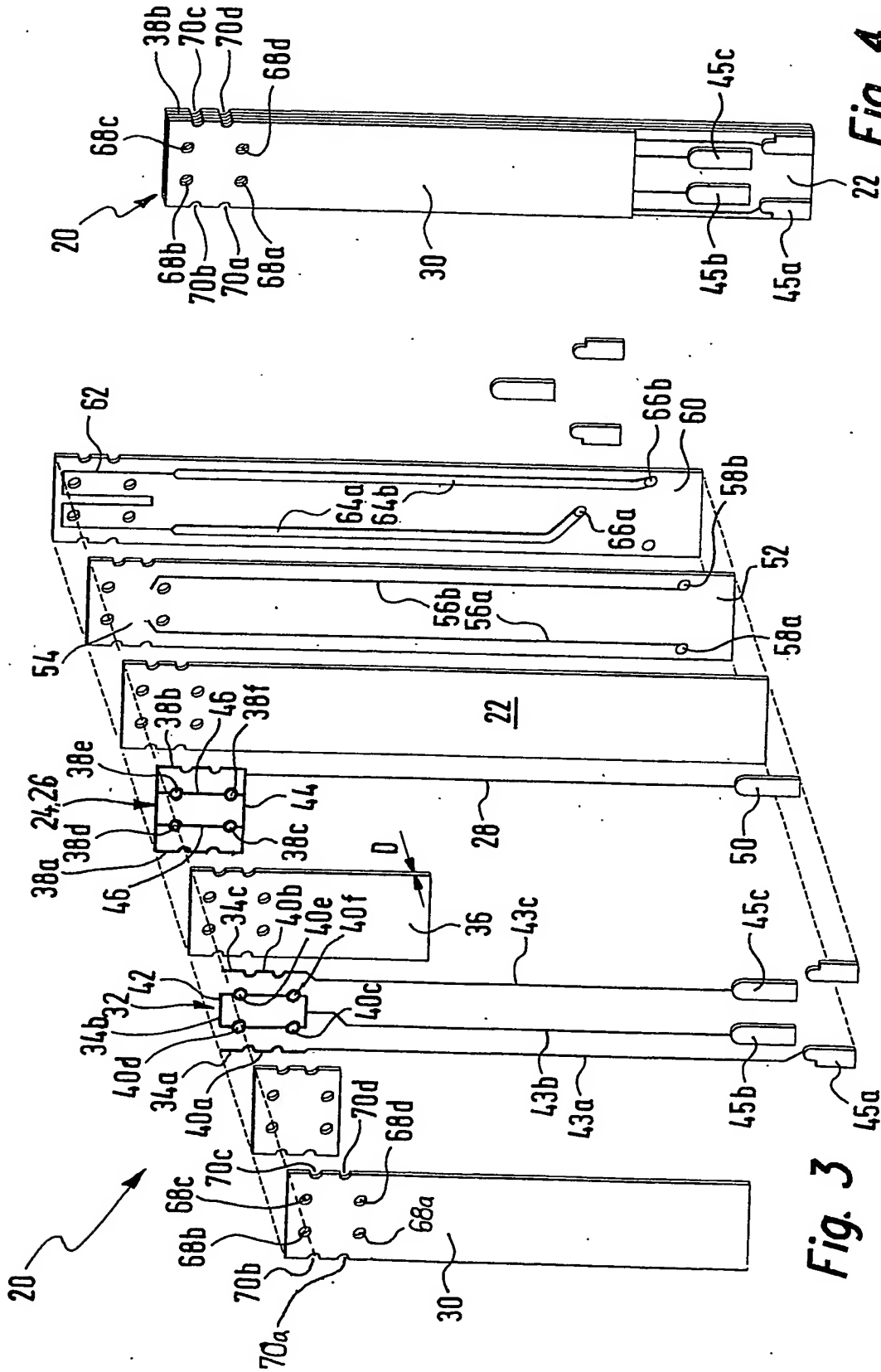
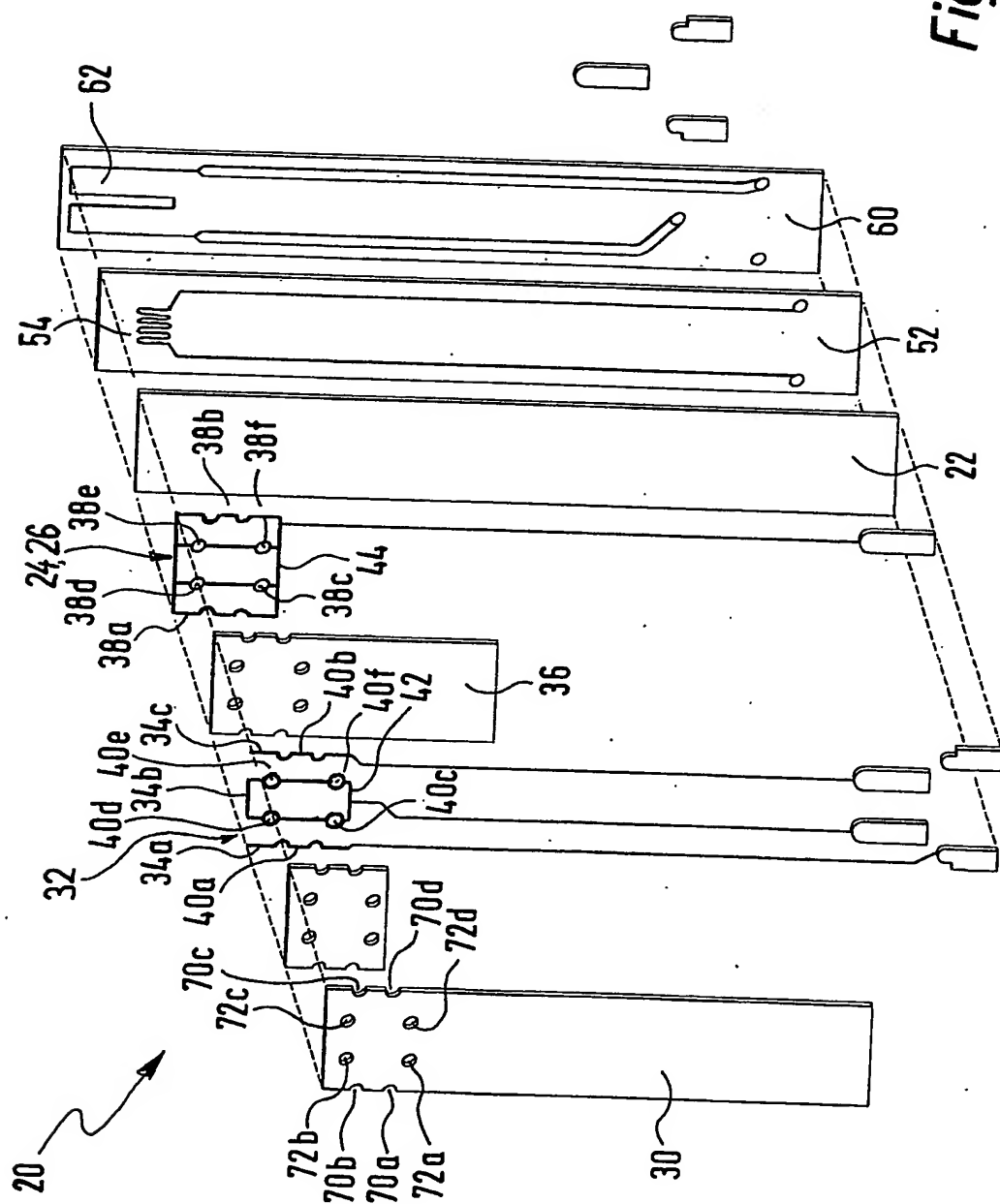


Fig. 3

Fig. 4





**Fig. 5**

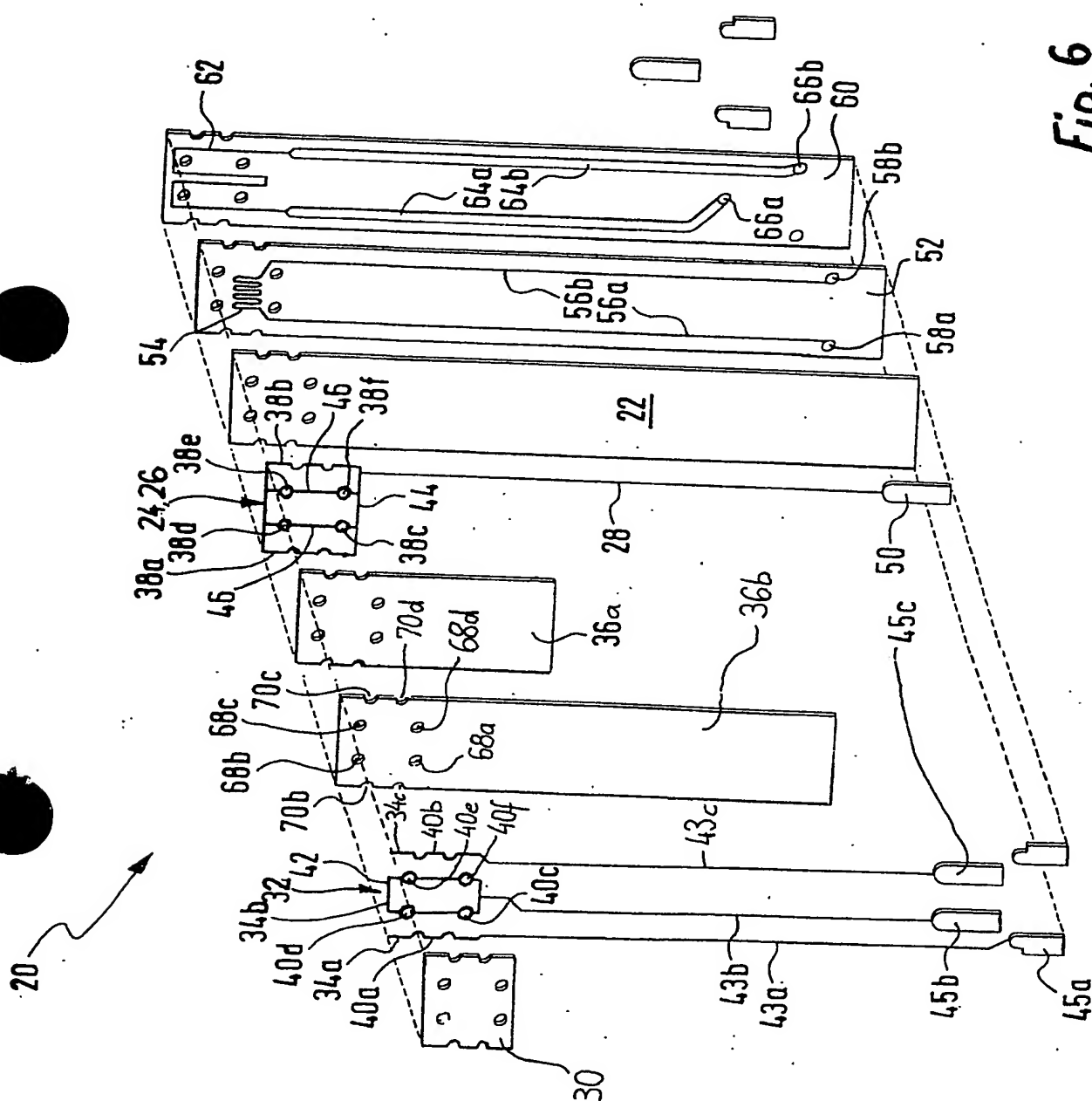


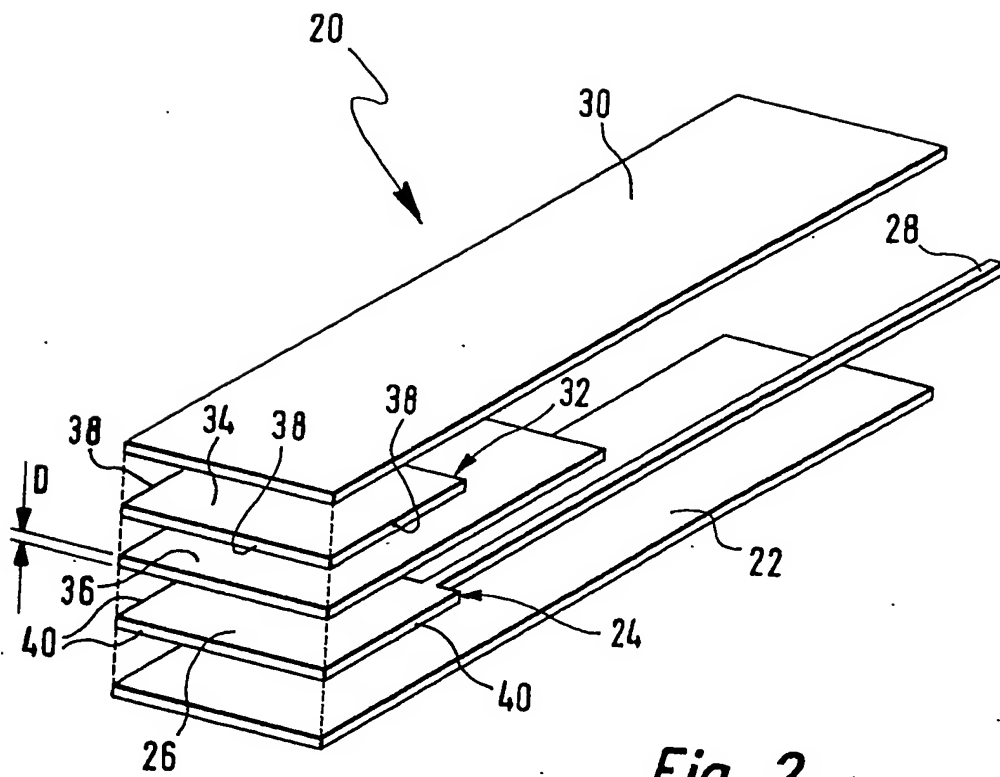
Fig. 6

14.11.2003 kna/neg  
5 Robert Bosch GmbH, 70442 Stuttgart

10 Sensor zum Erfassen von Partikeln in einem Gasstrom, sowie  
Verfahren zu seiner Herstellung

Zusammenfassung

15 Ein Rußpartikelsensor (20) für ein Abgassystem einer  
Brennkraftmaschine umfasst eine erste Elektrodeneinrichtung  
(24) und eine zweite Elektrodeneinrichtung (32). Diese sind  
in einem Abstand (D) voneinander angeordnet und wenigstens  
20 bereichsweise dem Gasstrom aussetzbar. Es wird  
vorgeschlagen, dass die Elektrodeneinrichtungen (24, 32)  
durch eine Zwischenschicht (36) aus einem elektrisch  
isolierenden Material voneinander getrennt sind und dass  
sie um die Dicke (D) der Zwischenschicht (36) voneinander  
beabstandete, dem Gasstrom aussetzbare freie Ränder (38,  
40) aufweisen. Figur 2

*Fig. 2*

**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record.**

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☒ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☒ FADED TEXT OR DRAWING
- ☐ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☒ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**